

NaCl 胁迫对红小豆种子萌发的影响

姜雪琪, 樊忠慧, 张卫东* (佳木斯大学生命科学学院, 黑龙江佳木斯 154007)

摘要 [目的]研究 NaCl 胁迫下红小豆种子萌发过程中生长发育的变化规律。[方法]选用冀红 12 红小豆为试验材料, 采用 9 种不同浓度的 NaCl 溶液处理 10 d, 测定不同浓度 NaCl 胁迫对红小豆种子的发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数、苗高、根长、侧根数等生理指标的影响。[结果]红小豆种子的发芽率和发芽指数在低浓度 NaCl 胁迫下呈上升趋势, 高浓度 NaCl 胁迫下呈下降趋势且各浓度之间差异显著。苗高、根长、侧根数等生长指标均随 NaCl 浓度的升高而降低。[结论]高浓度 NaCl 胁迫对红小豆种子的萌发和生长具有抑制作用, 且浓度越高抑制越显著。

关键词 NaCl 胁迫; 红小豆; 萌发; 抑制作用

中图分类号 S501 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)02-0045-02

Effect of NaCl Stress on Seed Germination of Red Bean

JIANG Xue-qi, FAN Zhong-hui, ZHANG Wei-dong* (College of Life Science, Jiamusi University, Jiamusi, Heilongjiang 154007)

Abstract [Objective] To study the change rule of growth and development in the process of red bean seed germination under NaCl stress. [Method] Red 12 red bean was chosen as research material, the processing of 10 d with 9 different concentrations of NaCl solution was done, and effect of different concentrations of NaCl stress on seed germination potential, germination rate, germination index, vigor index, seedling height, root length, lateral root number, etc. were studied. [Result] The results showed that germination rate and germination index of red bean rose under low NaCl concentration, high concentrations of NaCl showed a decreasing trend and the difference between the concentration was significant. Growth index of seedling height, root length, lateral root number, etc. decreased with the increase of NaCl concentration. [Conclusion] High concentration of NaCl stress on germination and growth of red bean has an inhibiting effect, and the higher the concentration, inhibition effect is more obvious.

Key words NaCl stress; Red bean; Germination; Inhibition effect

随着全球性环境的恶化, 土壤盐渍化程度呈上升趋势, 土壤盐渍化影响农作物生产问题已成为人们关注的热点^[1]。我国是土壤盐渍化比较严重的国家, 土壤盐渍地约占耕地面积的 10%, 制约了我国农业生产的发展, 如何提高植物的耐盐性, 使农作物产量不受盐渍土的影响一直是人们关注的课题^[2-3]。於丙军等^[4]对大豆苗期盐害离子效应进行了比较, 结果表明, Na⁺ 和 Cl⁻ 都是构成大豆盐害的毒性离子, 且 Na⁺、Cl⁻ 和 NaCl 对各大豆品种发芽率均有明显抑制作用。盐渍土产生较强 Na⁺ 和 Cl⁻ 的毒害作用, 耐盐性低的植物在盐渍土中难以生存^[5]。植物种子萌发是植物生活史中的重要阶段^[6], 同时也是对盐胁迫较为敏感的时期, 常将植物种子萌发期的耐盐性作为该品种的耐盐性^[7]。红小豆属中度耐盐性农作物, 为豆科植物赤小豆 (*Vigna umbuata* Ohwi et Ohashi) 或赤豆 (*Vigna angutaris* Ohwi et Ohashi) 的干燥成熟种子, 是我国主要的粮食作物和经济作物。红小豆的经济价值是五谷杂粮之首, 是国内市场的紧俏货并具有较高的药用价值, 研究其耐盐性对于提高红小豆产量、改善土壤质量、增加农民经济收入等都具有重要意义。

目前国内外有关盐胁迫对植物生长、发育、生理生化指标的影响及其机理与调控的研究较多, 研究的作物品种包括高粱、大豆、小麦、水稻等。研究表明, NaCl 溶液浓度较低时, 对种子萌发的影响较小, 当 NaCl 溶液浓度较高时, 对种子萌发有显著的抑制作用^[8], 且低浓度的盐胁迫能够促进种子幼

苗的生长, 高浓度的盐胁迫抑制生长且盐浓度较高时抑制更为明显^[9]。有关红小豆萌发期抗盐机理方面的研究较少。为验证红小豆种子在 NaCl 胁迫下是否也有相似生理指标的变化, 笔者选取冀红 12 红小豆种子为试验材料, 测定 NaCl 胁迫下种子的发芽率、发芽势、萌发指数、活力指数等种子萌发、生长等生理参数, 分析 NaCl 胁迫对红小豆种子萌发的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料及处理 供试材料为冀红 12 号, 由河北省农业科学院提供。挑选籽粒饱满的冀红 12 种子 500 粒, 用 0.1% HgCl₂ 消毒 10 min, 三蒸水清洗, 加入蒸馏水, 将其放入 25 °C 培养箱内浸泡 24 h。准备 24 个培养皿, 每皿放入 4 层无菌纱布, 将其用高压灭菌锅进行灭菌, 再将浸泡过的红小豆分别放入 24 个培养皿中, 每皿 20 粒, 每天更换新鲜纱布和营养液, 整个试验在 25 °C 培养箱内进行。

1.2 试验方法 NaCl 胁迫浓度设置为 0、32.5、65.0、97.5、130.0、162.5、195.0、227.5、260.0 mmol/L 9 个浓度梯度。将 24 个培养皿随机分成 8 组, 每组 3 个培养皿, 每天处理 1 次并记录其发芽数, 每次加 25 mL 处理溶液, 处理溶液使用 Hoagland 营养液配制, 共处理 10 d。第 4 天计算发芽势, 第 4~7 天计算发芽指数, 第 7 天计算发芽率, 第 10 天随机取 9 株 (每皿取 3 株) 测量苗高、根长、侧根数、叶长、根重、叶重指标。

发芽率 = 第 7 天全部正常发芽种子数 / 供试种子数 × 100%

发芽势 = 第 4 天种子发芽数 / 供试种子数 × 100%

发芽指数 (GD) = $\sum (G_t / D_t)$

式中, G_t 为 t 天内发芽数, D_t 为相应的发芽天数。

活力指数 = 第 7 天幼苗总鲜重 / 种子发芽数^[5]

1.3 数据处理 采用 SPSS 20.0 软件进行数据统计分析。采用单因素方差分析 (ANOVA) 的显著差异法比较在同一

基金项目 佳木斯大学科研项目 (13Z1201566)。

作者简介 姜雪琪 (1990—), 女, 黑龙江佳木斯人, 硕士研究生, 研究方向: 植物进化生态学。* 通讯作者, 副教授, 硕士, 硕士生导师, 从事生物学方面的研究。

收稿日期 2016-11-23

NaCl胁迫下不同浓度间的差异是否显著。数据用平均数 \pm 标准误表示,显著性水平设为0.05。采用GraphPad Prism 5进行图表绘制。

2 结果与分析

2.1 不同浓度 NaCl 胁迫下红小豆种子萌发率随时间的变化 当 NaCl 浓度为 195.0、227.5 和 260.0 mmol/L 时红小豆种子全部死亡。由图 1 可知,随着时间的增加,各浓度下红小豆种子发芽率逐渐趋于平稳,除浓度为 32.5 mmol/L 在第 5 天后萌发率高于对照组,其余试验组均随着 NaCl 浓度的增大而降低。对照组种子在第 5 天后萌发率趋于平稳;在 NaCl 浓度为 32.5、65.0、97.5、130.0 mmol/L 时,种子发芽率在第 7 天后趋于平稳;在 NaCl 浓度为 162.5 mmol/L 时,种子发芽率在第 6 天后趋于平稳。

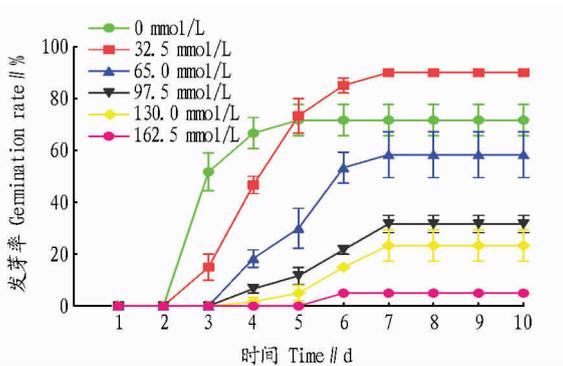


图 1 不同浓度 NaCl 处理下红小豆种子发芽率随时间的变化
Fig. 1 Changes of red bean seeds germination rate with time under different concentrations of NaCl stress

2.2 不同浓度 NaCl 胁迫下红小豆种子萌发参数与生物量的变化 由表 1 可知,发芽势随着 NaCl 浓度的增加呈下降趋势,发芽率和发芽指数除 NaCl 浓度为 32.5 mmol/L 组高于对照组外,其他试验组均随 NaCl 浓度的增加呈下降趋势。NaCl 浓度达 162.5 mmol/L 时种子极少萌发,浓度达 195 mmol/L 后种子不再萌发。NaCl 浓度为 0 ~ 162.5 mmol/L 种子发芽势呈下降趋势,当 NaCl 浓度为 130.0 mmol/L 时,种子发芽势比 NaCl 浓度为 0、32.5、65.0 和 97.5 mmol/L 的试验组降低了 70.00%、45.00%、16.66% 和 5.00%。除 NaCl 浓度为 97.5 mmol/L 与 130.0 mmol/L 组差异不显著外,其他浓度组发芽势差异显著;除 NaCl 浓度 32.5 mmol/L 组发芽率、发芽指数高于对照组外,其余试验组发芽率和发芽指数均随 NaCl 浓度的增加而降低,发芽率各浓度组之间差异显著,当 NaCl 浓度为 130.0 mmol/L 时,种子发芽率比 NaCl 浓度为 0、32.5、65.0 和 97.5 mmol/L 的试验组降低了 55.00%、66.66%、40.00% 和 10.00%;发芽指数除 NaCl 浓度为 97.5 与 130.0 mmol/L 组差异不显著外,其他浓度组发芽指数差异显著,当 NaCl 浓度为 130.0 mmol/L 时,种子发芽指数比 NaCl 浓度为 0、32.5、65.0 和 97.5 mmol/L 试验组降低了 7.85%、9.76%、5.23% 和 1.19%。

红小豆种子的苗高、根长、叶长、叶重在 NaCl 浓度为 0、32.5 和 65.0 mmol/L 时各组之间差异显著,其他浓度组之间差异不显著;侧根数在 NaCl 浓度为 32.5 和 65.0 mmol/L 时,2 个浓度组之间差异显著,其他浓度组之间差异不显著;根重除 NaCl 浓度为 0 和 32.5 mmol/L 组差异显著,其他浓度组之间差异不显著。

表 1 不同浓度 NaCl 胁迫下红小豆种子萌发参数与生物量

Table 1 Seed germination parameters and biomass of red bean under different concentrations of NaCl

NaCl 浓度 NaCl concentration mmol/L	发芽势(GR) Germination potential %	发芽率 Germination rate %	发芽指数 Germination index	活力指数 Vigor index mg	苗高 Height cm	根长 Root length cm	侧根数 Lateral root number	叶长 Leaf length cm	根重 Root weight mg/株	叶重 Leaf weight mg/株
0	71.67 ± 1.67 a	76.67 ± 1.67 b	10.95 ± 0.24 b	0.012 ± 0.002 a	3.68 ± 0.68 a	4.90 ± 0.67 a	7.11 ± 1.50 a	1.04 ± 0.71 a	0.089 ± 0.143 a	0.030 ± 0.005 a
32.5	46.67 ± 3.33 b	88.33 ± 1.67 a	12.86 ± 0.00 a	0.004 ± 0.001 b	2.21 ± 0.36 b	3.36 ± 0.47 b	4.89 ± 1.42 ab	0.74 ± 0.73 b	0.023 ± 0.009 b	0.014 ± 0.003 b
65.0	18.33 ± 3.33 c	61.67 ± 4.41 c	8.33 ± 0.86 c	0.002 ± 0.001 b	0.54 ± 0.04 c	1.90 ± 0.32 c	1.78 ± 0.89 b	0.40 ± 0.41 c	0.012 ± 0.006 b	0.004 ± 0.001 c
97.5	6.67 ± 1.67 d	31.67 ± 1.67 d	4.29 ± 0.41 d	0.001 ± 0.001 b	0.53 ± 0.02 c	1.33 ± 0.13 c	0.44 ± 0.29 b	0.29 ± 0.20 c	0.006 ± 0.003 b	0.002 ± 0.001 c
130.0	1.67 ± 1.67 d	21.67 ± 1.67 e	3.10 ± 0.24 d	0.001 ± 0.001 b	0.40 ± 0.04 c	0.90 ± 0.10 c	—	0.24 ± 0.18 c	0.005 ± 0.001 b	0.002 ± 0.001 c
162.5	—	6.67 ± 1.67 f	0.71 ± 0.00 e	—	0.14 ± 0.07 c	0.27 ± 0.14 c	—	0.14 ± 0.24 c	0.002 ± 0.001 b	0.001 ± 0.001 c
195.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
227.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
260.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注:同列不同小写字母表示不同浓度间差异显著($P < 0.05$),不同大写字母表示处理间差异极显著($P < 0.01$)

Note: Different lowercases in the same column indicate significant differences at 0.05 level, different capital letters indicate significant differences at 0.01 level

3 结论与讨论

该研究表明,低浓度 NaCl 胁迫对红小豆种子萌发有促进作用,高浓度 NaCl 胁迫抑制红小豆种子的萌发且浓度越高抑制作用越明显,NaCl 浓度过高种子就不再萌发。红小豆种子萌发及生长指标均随 NaCl 浓度的升高而降低,且浓度

越高降低趋势越明显。对于发芽率而言,高浓度 NaCl 胁迫抑制种子萌发。其原因在于 NaCl 胁迫可引起渗透胁迫、离子毒害、营养亏缺等,还具有高 pH 胁迫的效果^[10]。研究表明,NaCl 浓度增加可能会影响细胞中某些酶的活性,杨秀玲
(下转第 79 页)

流域径流过程进行模拟,并对 CMIP5 RCP 情景下的径流响应过程进行模拟,对模拟结果进行分析,得出以下结论:

(1) 基于 SWAT 模型的汉江上游流域径流模拟效率表明,模型在汉江上游流域进行径流模拟可行,可以较好地模拟汉江上游流域的径流过程。

(2) RCP 2.6、RCP 4.5、RCP 8.5 情景下 2021—2050 年汉江上游流域气温和降水量较基准期(1961—1990 年)均呈增加趋势,增幅从大到小依次为 RCP 8.5、RCP 4.5、RCP 2.6。3 种情景下冬季降水量呈增加趋势,增幅较大,春季降水量呈减少趋势,RCP 4.5、RCP 8.5 减幅较大,夏季和秋季降水量表现为 RCP 8.5 情景下增幅较大,其他 2 个情景增幅不大。

(3) 3 种情景下 2021—2050 年汉江上游流域径流量较基准期均呈现出随时间的延长而增加的趋势,但其增幅均小于降水量的变化,RCP 8.5 情景下径流量变化幅度最大。3 种情景下的冬季径流量呈增加趋势,增幅较大;春季径流量呈减少趋势,RCP 4.5、RCP 8.5 情景减幅较大;夏季和秋季径流量呈增加趋势,RCP 8.5 情景增幅较大。各年代的流域径流量较基准期多年平均变化幅度为 $-4.85\% \sim 12.95\%$ 。总体来看,未来气候变化对汉江上游流域径流影响不大,RCP 2.6、RCP 4.5、RCP 8.5 情景下 2021—2050 平均径流量分别较基准期增加了 1.07%、2.58%、4.54%。

(4) 不同典型浓度路径(RCP 2.6、RCP 4.5、RCP 8.5)情景下的气候变化预测(特别是降水预测)还存在一定程度的不确定性,从而造成未来径流量对气候变化的响应过程研究存在不同程度的不确定性。

参考文献

[1] 张洪刚,杨文发,陈华. 气候变化条件下长江水资源演变趋势与对策

(上接第 46 页)

等^[11]研究发现,NaCl 胁迫下 α -淀粉酶的活性降低,崔玮等^[12]研究发现,NaCl 胁迫影响黄瓜种子中蛋白酶活性,导致黄瓜种子中可溶性蛋白质含量降低。因此,NaCl 胁迫抑制种子中储藏物质的分解和转化可能是 NaCl 胁迫抑制种子萌发的原因之一^[13]。NaCl 胁迫会导致过多的盐离子进入植物体内,造成离子失衡,对植物产生毒害效应^[14],主要是由于 Na^+ 破坏了参与各项生理活动酶的活性,影响了植物的生长代谢。

该研究表明,红小豆种子萌发过程中,低浓度 NaCl 胁迫对种子萌发影响较小或能够促进种子的萌发,而高浓度 NaCl 胁迫对红小豆种子的萌发抑制明显,且浓度越高对种子伤害越大、抑制越显著,NaCl 浓度达到一定程度时,种子将不再萌发。从该试验结果看,NaCl 胁迫对红小豆的各项生理指标也有抑制作用,均随 NaCl 浓度的增大呈逐渐降低趋势。

参考文献

[1] 马育华. 田间试验与统计方法[M]. 北京:农业出版社,1991.
[2] 于军香. 盐胁迫对红小豆种子萌发与生理生化特性的影响[J]. 作物杂志,2010(4):47-48.
[3] 高伟,陆静梅,牛陆,等. NaCl 胁迫下不同抗性野生大豆体内 Na^+ 、 K^+ 、

[J]. 人民长江,2014,45(7):1-6.

- [2] IPCC. Climate change 2013: The physical science basis [C]// Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge: Cambridge University Press, 2013: 1535.
- [3] 李思悦,刘文治,顾胜,等. 南水北调中线水源区汉江上游流域主要生态环境问题及对策[J]. 长江流域资源与环境,2009,18(3):275-280.
- [4] 张利平,秦琳琳,胡志芳,等. 南水北调中线工程水源区水循环过程对气候变化的响应[J]. 水利学报,2010,41(11):1261-1271.
- [5] 朱利,张万昌. 基于径流模拟的汉江上游区水资源对气候变化响应的研究[J]. 资源科学,2005,27(2):16-22.
- [6] CHEN H, GUO S L, XU C Y, et al. Historical temporal trends of hydro-climatic variables and runoff response to climate variability and their relevance in water resource management in the Hanjiang basin [J]. Journal of hydrology, 2007, 344(3/4): 171-184.
- [7] 李凌程,张利平,夏军,等. 气候波动和人类活动对南水北调中线工程典型流域径流影响的定量评估[J]. 气候变化研究进展,2014,10(2):118-126.
- [8] 蔡新玲,孙娴,乔秋文,等. 气候变化对汉江上游径流的影响[J]. 气候变化研究进展,2008,4(4):220-224.
- [9] 夏智宏,周月华,许红梅. 基于 SWAT 模型的汉江流域水资源对气候变化的响应[J]. 长江流域资源与环境,2010,19(2):158-163.
- [10] 张利平,胡志芳,秦琳琳,等. 2050 年前南水北调中线工程水源区地表径流的变化趋势[J]. 气候变化研究进展,2010,6(6):391-397.
- [11] 王争浩,刘冀,董晓华,等. 基于 CMIP5 RCP 情景的清江流域径流对气候变化的响应研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版),2016,50(3):449-456.
- [12] MURPHY J M, SEXTON D M H, BARNETT D N, et al. Quantification of modeling uncertainties in a large ensemble of climate change simulation [J]. Nature, 2004, 430(7001):768-772.
- [13] LI L H, BAI L, YAO Y A, et al. Patterns of climate change in Xinjiang projected by IPCC SRES [J]. Journal of resources and ecology, 2013, 4(1):27-35.
- [14] 孙端,张雪琴. 基于 SWAT 模型的流域径流模拟研究进展[J]. 水文, 2010, 30(3):28-32, 47.
- [15] 李峰平,章光新,董李勤. 气候变化对水循环与水资源的影响研究综述[J]. 地理科学,2013,33(4):457-464.
- [16] 王苗,刘敏,夏智宏. 基于 SWAT 模型的洪湖流域供水资源模拟研究[J]. 气象科学,2014,34(5):515-521.

Cl^- 浓度比较分析[J]. 东北师大学报(自然科学版),2015,47(1):124-128.

- [4] 於丙军,李锁娜,刘友良. 大豆苗期盐害离子效应的比较[J]. 南京农业大学学报,2002,25(1):5-9.
- [5] 于章龙,段欣,武晓娟,等. 红小豆功能特性及产品开发现状[J]. 食品工业科技,2011(1):360-363.
- [6] 代明龙,王平,孙吉康,等. 盐碱胁迫对植物种子萌发的影响及生理生化机制研究进展[J]. 北方园艺,2015(10):176-179.
- [7] SINGH J, SASTRY E V, SINGH V. Effect of salinity on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) during seed germination stage [J]. Physiol Mol Biol Plants, 2012, 18(1):45-50.
- [8] 韩毅强,张云超,张红梅,等. NaCl 胁迫对大豆种子萌发及其生理变化的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2011,23(4):11-14.
- [9] 王春裕. 谡议土壤盐渍化的生态防治[J]. 生态学杂志,1997,16(6):67-71.
- [10] 高永生,王锁民,张承烈. 植物盐适应性调节机制的研究进展[J]. 草业学报,2003,12(2):1-6.
- [11] 杨秀玲,郁继华,李雅佳,等. NaCl 胁迫对黄瓜种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2004,39(1):6-9.
- [12] 崔玮,张芬琴,李玉兰,等. 中性盐和碱性盐胁迫对黄瓜种子萌发的影响[J]. 种子,2006,25(4):66-69.
- [13] 李娜娜,孔维国,张煜,等. 野生大豆耐盐性研究进展[J]. 西北植物学报,2012,32(5):1067-1072.
- [14] MUNNS R. Physiological processes limiting plant growth in saline soil: Some dogmas and hypotheses [J]. Plant, cell and environment, 1993, 16(1):15-24.